논문 00-25-3A-16

이중편파 정류안테나의 RF-DC 변환효율 특성 분석

정회원 윤 동 기*, 박 양 하**, 김 관 호**, 이 영 철*

A Study on the Properties of RF-DC Conversion Efficiency for the Dual-Polarization Rectenna

Dong-Gi Youn*, Yang-Ha Park**, Kwan-Ho Kim**, Young-Chul Rhee* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 2.45㎓ 이중편파 정류안테나를 설계·제작하고 제작된 정류안테나의 방향변화에 따른 RF-DC 변환효율 특성을 분석하였다. 이중편파 정류안테나는 수신안테나와 정류회로로 크게 분류되어진다. 본 논문에서는 이중편파(수직과 수평편파)의 수신을 위하여 두 개의 다이폴 안테나를 이용한 안테나와 이중급전 패치 안테나로 구성된 회로를 설계·제작하여 큰 순방향 전류와 역내압 특성을 가지는 쇼트키 다이오드를 사용한 정류회로와 함께 집적화 시켰다. 설계·제작된 각각의 이중편파 정류안테나의 RF-DC 변환효율을 측정한 결과 다이폴 형태는 360Ω의 부하일 때 69.1%, 패치 형태는 340Ω일 때 75.4%의 최대 변환효율 특성을 나타내었다. 각각 최적의 부하 저항을 가질 때 0~180° 방향 변화에 따른 RF-DC 변환효율 변동특성은 다이폴 형태는 ±20%, 패치 형태는 ±5%를 나타내었다.

ABSTRACT

In this paper, we analyzed RF-DC conversion efficiency for the dual-polarization rectenna and the antenna position changing. Dual-polarization rectenna consist of a two major parts, receiving antenna and rectifying circuits. We made dual-polarization 2.45㎓ rectenna using the two dipole antennas and patch antenna. Rectifying circuit is consisted by a Schottky-Barrier diode with a large forward current and reverse breakdown voltage.

The results of RF-DC conversion efficiency for the each of designed dual-polarization rectenna has 69.1% with 360Ω(dipole type) and 75.4% with 340Ω(patch type) optimum load resistor. When the each of dual-polarization rectenna has optimal load resistor, it's conversion efficiency shows of ±20% in dipole type and ±5% in patch type at 0~180° position.

Ⅰ. 서 론

무선전력전송(Wireless Power Transmission : WPT)은 미래 에너지 자원의 한 형태인 우주 태양광 발전(Solar Power Satellites : SPS) 개념에서 처음 제기되어진 기술로 1968년 미국의 Peter Glaser 박사가 제안한 이래 세계 각국에서 기본적인 무선전력전송을 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있으며 현재 거의 매년 SPS 및 WPT 관련 국제 학술대회가 개최되고 있다. SPS 기술의 특징은 지상의 태양광 발전에 비해 효율이 높고 기후에 영향을 받지 않아 무한한 에너지를 획득할 수 있다는 장점을 가지고 있으며, 현재 SPS를 실현하기 위해 우주 공간에 태양광(太陽光)을 이용한 전력 발생 부분과 지상에서의 전력 변환부분에 초점을 두고 개발하고

* 경남대학교 정보통신공학부(ds5drq@netian.com),
** 한국전기연구소 광전연구그룹
논문번호 : 99206-0528, 접수일자 : 1999년 5월 28일

있다.[1-2]

최근의 무선전력전송 기술의 연구개발 분야는 장기적으로 우주태양광 발전을 위한 대용량 무선전력전송 기술의 실현을 목표로 하고 있으며단기적으로는 단거리 원격지 및 공중 정지 비행체의 전원공급, 산업플랜트의 비접촉식 구동전력 공급 등의 응용개발이 집중되고 있다. 국내에서는 한국전기연구소에서 국가적인 미래 우주 기술과 에너지 개발의 차원에서 무선전력전송에 대한 이론적·기술적 연구를 진행중에 있으며, 무선전력전송 시스템에서 RF-DC 변환효율 개선에 관한 연구와 마이크로파 발진부에 대한 연구, 그리고 지상에서의 무선전력전송 시스템 설계에 관한 연구를 수행하고 있다.[3-4]

근래에 국내외적으로 유지보수가 어렵고 신호전송 효율이 떨어지는 인공위성을 대체하는 성층권 구동용 무인비행체의 개발이 활발히 진행되고 있으며 기술 선진국에서는 기본 설계·제작을 완료하고 시험운용에 들어가 2000년대 초에는 본격적으로 실용화 할 예정으로 있다. 국내에서도 한국항공우주연구소와 한국전기연구소 등에서 기본 프로토타입 설계를 위한 연구를 진행 중에 있다. 이러한 성층권 구동용 무인비행체 급전장치에 적용하기 위한 정류안테나는 기존의 단일편파 방식을 적용했을 때 무인비행체의 이동성에 따른 정류효율 감소현상을 없애고자 이중편파 방식의 정류안테나를 적용하여 무인비행체의 이동성에 관계없이 일정한 전력을 공급받도록 설계하는 방법이 제안되고 있다.[5]

본 논문은 무선전력전송의 수전부에 핵심 소자로 사용되는 정류안테나의 RF-DC 변환효율을 개선시키고 무인비행체 전력급전용 장치에 적용하기 위하여 정류안테나의 방향에 따른 정류효율 감쇄 특성을 개선한 이중편파 방식의 정류안테나를 설계·제작하여 마이크로파의 입사 방향에 따른 RF-DC 변환효율 특성을 분석하였다.

Ⅱ. 무선 전력전송 시스템의 구성

무선전력전송 기본적인 시스템 구성은 그림 1에 나타낸 바와 같이 크게 세가지로 나뉘어질 수 있으며 시스템의 효율을 최대화하기 위한 설계파라미터를 고려 해야한다.

송전단은 마이크로파를 발생시키는 마이크로파 발진장치, 전원장치 및 송전용 안테나로 구성이 이루어진다. 송전용 시스템의 주요 구성원은 AC-DC 인버터, 마그네트론, DC-RF 변환장치, 송전용 고이득 안테나 등이다. 무선전력전송 시스템의 송·수전 안테나 사이의 전송효율(Collection Efficiency)은 송전 마이크로파 전력에 대한 수전 마이크로파 전력의 비를 나타낸다. 송·수전 전력의 전송효율을 높이기 위해서는 송·수전단에는 지향성과 고(高) 이득의 안테나를 사용해야 한다. 수전단은 마이크로파 전력에서 DC 전력으로 변환하는 부분으로 고효율 정류안테나(Rectifying antenna : Rectenna), 집전장치 및 부하로 이루어진다. 설계 파라미터로서 RF-DC 변환효율(Conversion Efficiency)은 입사된 마이크로파 전력과 DC 출력 전압의 비를 나타낸다. 일반적으로 정류안테나에 사용되는 정류 다이오드의 선택 기준은 큰 순방향 전류와 역내압을 가지는 다이오드를 선택해야 한다. 입력필터에서는 다이오드에서 발생하는 고주파가 다시 안테나에서 재 방사되어 다른 통신 등에 영향을 미치게 되는 현상을 막기 위한 것으로 임피던스 정합회로와 함께 구성해 준다. 출력회로는 전원회로의 평활회로와 같은 역할을 하는데 커패시터와 전송선로를 이용하여 구성해 준다. 정류안테나에서의 손실은 다이오드에서 약 20% 정도이고 그 이외에서 약 4~5% 정도 발생한다.[6]

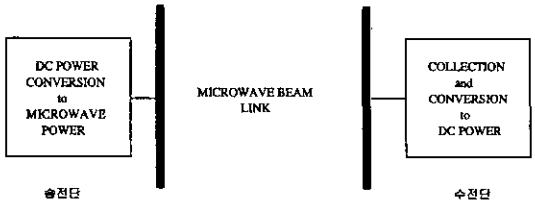


그림 1. 무선전력전송 시스템 구성도

기본적인 정류안테나의 동작은 전송된 마이크로파 전력을 DC 전력으로 변환하는 것이다. 변환효율을 높이기 위한 정류안테나 소자의 개발은 무선전력전송을 위한 가장 기본이며 핵심이 되는 기술중 하나이다.

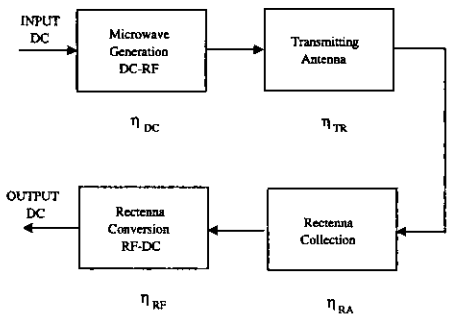


그림 2. 무선전력전송의 구성 모델

무선전력의 기본적인 시스템 구성 모델은 그림 2와 같다. 입력 DC전원은 마이크로파 전력으로 변환되고, 전송, 흡수, 그리고 다시 DC 전력으로 변환이 이루어진다. 자유공간에서의 전체적인 효율은 다음과 같다.[7]

$$\eta = \eta_{DC}\,\eta_{TR}\,\eta_{RA}\,\eta_{RF} \quad (1)$$

여기서 η_{DC}는 마이크로파 발진기에서 DC- RF 변환효율, η_{TR}는 전송 안테나의 효율, η_{RA}는 정류안테나의 수집 또는 흡수 효율, 그리고 η_{RF}는 정류안테나의 RF-DC 변환효율로 나타낼 수 있다.

정류안테나의 개념이 도입된 후 전세계적으로 가장 많이 사용되는 주파수는 자유공간에서 주파수에 따른 손실이 가장 적은 1~10㎓의 대역이며, 최근에는 그 이상의 주파수에서도 연구가 활발히 이루어지고 있다. 또한 무선전력전송을 위한 주파수의 배분이 아직까지 되지 않았기 때문에 무선전력전송 시험을 위해 사용이 가능한 주파수는 ISM 대역이며, 본 논문에서는 이러한 점을 모두 고려하여 2.45㎓의 ISM 주파수 대역을 사용하였다.

무선전력전송을 위한 정류안테나에 사용되는 안테나로는 마이크로스트립 패치(Microstrip Patch)와 다이폴(Dipole) 안테나가 가장 많이 사용되고 있다. 각각의 안테나는 그 특성에 따라 적절히 응용되며 본 논문에서는 무인 비행체 급전용으로 적용하기 위하여 마이크로스트립 패치 안테나에 비해 80% 이상의 투명성이 보장되는 다이폴 안테나와 마이크로스트립 패치 안테나에 이중급전(Dual Feeding)을 적용하여 설계·제작하였다.

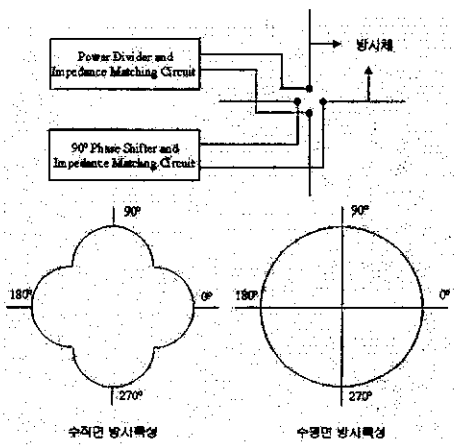


그림 3. 다이폴 형태의 이중편파 정류안테나의 구조와 방사 패턴도

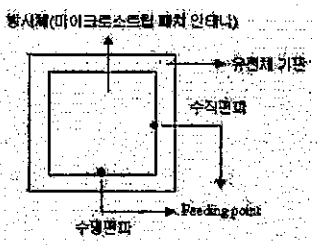


그림 4. 패치 형태의 이중편파 정류안테나의 구조

다이폴 안테나는 그림 3에 나타낸 것과 같이 이중편파 특성을 가지도록 두 개의 다이폴 안테나를 수직과 수평으로 90° 만큼 어긋나게 적용한 턴스타일(Turnstile)형 안테나 구조를 적용하여 수직과 수평 편파(Polarization) 특성을 동시에 만족하도록 설계되었다. 최종 설계된 이중편파 안테나의 수직과 수평부의 이득은 약 2.6㏈로 단편파 다이폴 안테나의 이득과 거의 일치하였다. 패치 형태의 정류안테나는 그림 4에 나타낸 것과 같이 패치 방사체에 수직과 수평방향으로 급전점(Feeding Point)을 위치하여 이중편파 특성을 만족하도록 하였고, 패치 방사체의 급전점과 연결된 뒷면에 엠피던스 정합회로와 정류회로를 구성하여 설계하였다.

정류회로는 안테나에서 받아들인 RF 전력을 DC 전력으로 변환해주는 역할을 한다. 정류회로에 사용되는 정류 다이오드는 정류특성을 고려하여 선택하지만 그 보다는 고조파 발생특성을 고려하여 선택하게 된다. 특히 바이어스 전압을 인가하지 않기 때문에 동작 주파수에서 전력 변환 손실이 작아야만 하고 높은 입력 전력에서 사용하기 위해 높은 역방향 전압을 가지는 다이오드를 선택할 필요가 있다. 즉 정류 회로에서 직류 출력 전력을 높이기 위해서는 역방향 전압(Breakdown Voltage)이 높은 다이오드를 선택하고 전력 소비(Power consumption)가 적은 다이오드를 선택한다.

입력 전력과 부하 저항과의 관계를 설명하는 쇼트키 배리어 다이오드의 동작 함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.[8]

$$J_0\left(\frac{\Lambda}{n}\sqrt{8R_gP_{inc}}\right)=\left(1+\frac{I_0}{I_s}\frac{+V_0}{R_LI_s}\right) \cdot \exp\left\{\left[1+\frac{R_gR_s}{R_L}\right]\frac{\Lambda}{n}V_0+\frac{\Lambda}{n}R_gI_0\right\} \quad (2)$$

J_0는 변형된 영차 베셀 함수(Zero Order Modified Bessel Function)이며, P_{inc}는 입사 전력

이고 R_g는 전원부 저항, 그리고 n은 다이오드 이상 상수(Diode Ideality Factor)이다. Λ는 q/kT의 값으로 25℃일 경우 $\Lambda = q/kT = 38.61$이다. R_L은 출력 부하 저항, V_0는 출력 전압을 각각 나타낸다. 식 (2)에서는 다이오드의 패키지(package) 기생 발진 성분과 주파수와 접합 커패시턴스가 생략되었다. 식 (2)는 입력 전력과 출력 전압과의 함수이며, 이 식의 해를 구하기 위해서는 변형된 베셀 함수의 역함수를 구해야 한다.

$$B_m = \left(1+\frac{I_0}{I_s}+\frac{V_0}{R_L I_s}\right) \cdot \exp\left\{\left[1+\frac{R_g R_s}{R_L}\right]\frac{\Lambda}{n}V_0+\frac{\Lambda}{n}R_g I_0\right\} \tag{3}$$

본 논문에서는 식 (2)의 해를 구하기 위해 계산 프로그램을 이용하여 변형된 베셀 함수의 역함수를 구하였다. 출력 전압의 값으로부터 변형된 베셀 함수의 역함수를 이용하여 입력 전력의 값을 구한다. 출력 전압에서부터 역 계산된 베셀 함수의 값을 통해 입력 전력을 구한다. 여기서 $J_0(A_m) = B_m$이다.

$$A_m = \frac{\Lambda}{n}\sqrt{8R_g P_{inc}} \tag{4}$$

$$P_{inc} = \frac{1}{8R_g}\left(\frac{n \cdot A_m}{\Lambda}\right)^2 (\text{watt}) \tag{5}$$

$$dBm = 10\log_{10}(1000 \cdot P_{inc}) \tag{6}$$

변형된 영차 베셀 함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$J_0(x) = \sum_{m=0}^{\infty}\frac{x^{2m}}{2^{2m}(m!)^2} = \frac{1+x^2}{2^2}+\frac{x^4}{2^4(2!)^2}+\frac{x^6}{2^6(3!)^2}+\cdots\cdots \tag{7}$$

다이오드 입력단에 반사 손실이 발생되지 않도록 이상적인 임피던스 정합이 이루어졌다면 감도(Sensitivity)는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\gamma = \frac{0.52}{I_T(1+\omega^2 C_j^2 R_s R_j)(1+R_j/R_L)} \tag{8}$$

여기서 $I_T = I_s + I_b$이다. 식 (8)에서 부하 저항 R_L은 다이오드의 접합 저항 R_j보다 커야함을 알 수 있다. 또한 최대감도 γ를 얻기 위해서는 C_j와 R_s는 최소화되어야 한다. 그러나 쇼트키 배리어 다이오드의 설계상 C_j를 감소시키면 R_s는 증가하게 된다.

본 논문에서는 상용중인 네 종류의 쇼트키 배리어 다이오드를 입수하여 각각의 특성을 비교한 후 정류안테나의 정류회로에 포함될 다이오드를 선정하였다.[9]

각각의 다이오드들은 온도 25℃, 부하저항이 500 Ω일 때 회로 설계용 프로그램를 사용하여 등가 모델링하여 계산하였다. 실제로는 다이오드가 온도에 따라 비선형 특성을 가지게 되는데 본 연구에서는 정류안테나의 안테나에 입사되는 전력의 평균값을 약 10㎽이내가 되도록 설정하였기 때문에 온도에 의한 문제는 크게 발생하지 않으리라 가정하였다. 다이오드들의 선형성은 온도 범위가 -65℃에서 150℃까지 나타나기 때문이다. 순간적인 최대 입력 신호에 대해서는 정류안테나의 배열구조와 정류회로에서 다이오드를 직·병렬구조로 연결하여 내압성을 크게 만들어 주었다. 그림 5에는 다이오드들에 대한 특성을 분석 한 결과를 나타내었다.

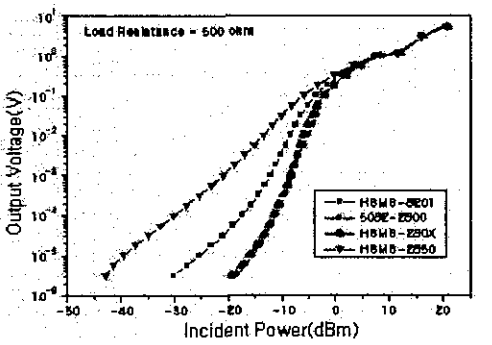


그림 5. 각 다이오드의 등가 모델 특성 분석 결과

결과에서 HSMS-285X series 다이오드의 경우 입력 전력이 약 -45dBm에서부터 출력을 가지고 그 다음으로 HSMS-820X, HSMS-280X series, 마지막으로 5082-280X series의 순서임을 알 수 있어 HSMS-285X series 다이오드의 경우 입력 전력에 대한 출력 전압의 감도 특성이 가장 우수하게 나타남을 알 수 있다.

본 연구에서는 이러한 다이오드 특성 분석 결과를 반영하여 단위 정류안테나를 비롯한 배열 정류안테나에 HSMS-285X series 다이오드를 적용하였다.

안테나와 정류소자의 임피던스 정합에는 마이크로

스트립 선로를 이용하여 L과 C회로를 구성하였으며, 또한 이 임피던스 정합회로가 저역통과필터(LPF) 특성을 가지도록 설계하여 정류소자에서 발생되는 고조파(Harmonics) 성분이 안테나를 통해 재방사 되는 것을 최소화하도록 하였다. 다이폴 형태의 이중편파 안테나와 마이크로스트립 패치 형태의 이중편파 안테나의 입력 임피던스는 각각 134Ω, 178Ω이었으며, 정류회로의 임피던스 50Ω에 집중소자와 분포소자를 이용하여 임피던스 정합 되도록 하였다. 이때 이중편파 안테나의 입력 임피던스를 최대한 정류회로의 임피던스 50Ω에 근접시키면 임피던스 부정합에 따른 반사손실을 최소로 할 수 있다.

본 논문에서 설계·제작된 이중편파 안테나, 정류회로, 그리고 임피던스 정합회로는 안테나 및 마이크로파 회로 설계 프로그램을 사용하여 최적화 하였고, 그림 6에 제작된 이중편파 정류안테나를 나타내었다.

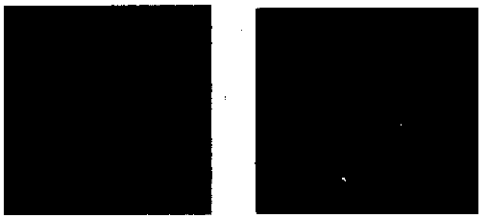


그림 6. 제작된 다이폴과 패치 형태의 이중편파 정류안테나

다이폴 형태의 이중편파 정류안테나는 지름이 1㎜인 리드선을 사용하여 방사체를 구성하고, 유전율이 4.4이고 두께가 1.6㎜인 FR4 기판 위에 임피던스 정합회로와 정류회로 등을 패턴화 하였다.

패치 형태의 이중편파 정류안테나는 FR4 기판에 정사각형 마이크로스트립 패치 방사체를 구성하고, 임피던스 정합회로와 정류회로는 방사체와 마찬가지로 FR4 기판 위에 패턴화 하였다. 각각의 이중편파 정류안테나의 제작에는 HMIC 기법을 적용하였다.

Ⅲ. 실험 및 결과

본 논문에서 설계·제작된 이중편파 단위 정류안테나의 부하와 방향에 따른 RF-DC 변환효율을 측정하기 위해 그림 7과 같은 실험 장치를 구성하였다.

RF source는 2.45㎓ 1W 출력을 가지는 발진장치를 사용하여 정류안테나에서의 수신 전력이 8㎽가 되도록 하였고, 송신용 안테나로는 10㏈의 이득을 가지는 혼(Horn) 안테나를 사용하였다. RF source

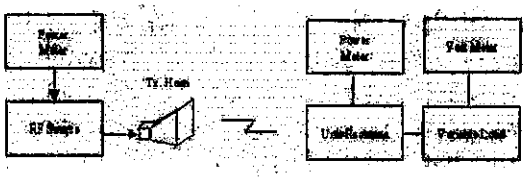


그림 7. 이중편파 정류안테나 변환효율 실험 블록도

의 송신 전력은 HP사의 436B 전력계(Power Meter)를 연결하여 측정하였다. RF source의 출력 주파수는 HP사의 5342A 주파수 카운터를 사용하여 측정하여 2.454313㎓의 출력을 가짐을 확인하였다.

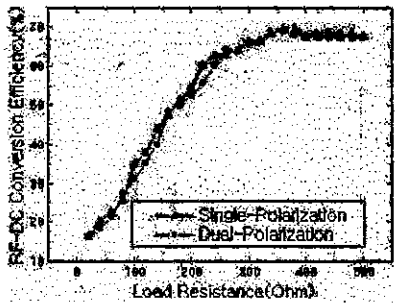


그림 8. 이중편파 정류안테나의 부하에 따른 변환효율(다이폴)

그림 8에는 다이폴 형태의 이중편파 정류안테나의 부하에 따른 변환효율 측정 결과를 나타내었다. 측정 결과에서 이중편파 정류안테나는 300Ω 이상의 부하 저항일 때 RF-DC 변환효율이 65%이상 되었으며, 부하 저항이 360Ω일 때 69.1%의 최대 변환효율을 나타내었다. 이 결과는 기존의 다이폴 안테나를 적용한 단일편파 정류안테나와 거의 동일한 특성이며, 다만 최대 변환효율이 약 0.6%정도 낮아졌다. 정류안테나의 부하 저항값이 증가함에 따라 변환효율도 증가하지만 부하 저항이 300Ω이상일 때 거의 일정한 값을 유지하였다.

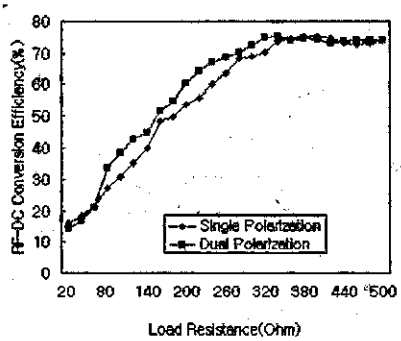


그림 9. 이중편파 정류안테나의 부하에 따른 변환효율(패치)

그림 9에는 패치 형태의 이중편파 정류안테나의 부하에 따른 변환효율 측정 결과를 나타내었다. 측정 결과에서 이중편파 정류안테나는 270Ω 이상의 부하 저항일 때 RF-DC 변환효율이 70%이상 되었으며, 부하 저항이 340Ω일 때 75.4%의 최대 변환효율을 나타내었다. 이 결과는 기존의 패치 안테나를 적용한 단일편파 정류안테나와 거의 동일한 특성이며, 다만 최대 변환효율이 약 0.2%정도 낮아졌다. 정류안테나의 부하 저항값이 증가함에 따라 변환효율도 증가하지만 부하 저항이 270Ω이상일 때 거의 일정한 값을 유지하였다.

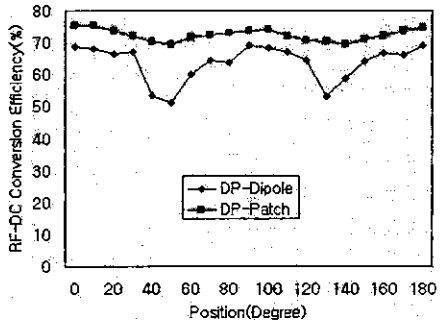


그림 10. 이중편파 정류안테나의 방향에 따른 변환효율

그림 10에는 각 형태의 정류안테나에 최적부하 저항을 사용하여 이중편파 정류안테나의 방향에 따른 변환효율 측정 결과를 나타내었다. 측정 결과에서 다이폴 형태의 정류안테나는 송신 안테나로부터의 방향이 0° 와 90° 부근에서 69.1%의 변환효율을 나타내었고, 45° 와 135° 부근에서 대략 51.1%의 변환효율을 나타내어 변환효율 변동폭은 약 ±18%였다. 패치 형태의 정류안테나는 송신 안테나로부터의 방향이 0° 와 90° 부근에서 75.4%의 변환효율을 나타내었고, 45° 와 135° 부근에서 대략 69.3%의 변환효율을 나타내어 변환효율 변동폭은 약 ±6%였다.

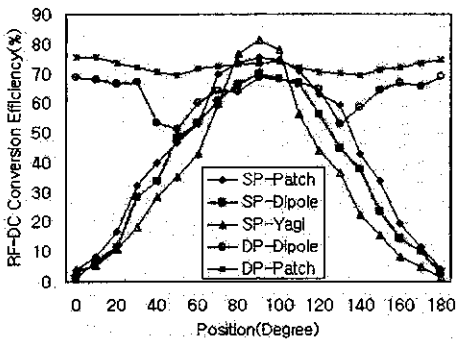


그림 11. 각 정류안테나들의 방향에 따른 변환효율

그림 11은 각 정류안테나가 최적의 효율을 얻는 최적 부하 저항(패치는 400Ω, 다이폴은 360Ω, 야기는 380Ω, 다이폴 형태의 이중편파 정류안테나는 360Ω, 그리고 패치 형태의 이중편파 정류안테나는 340Ω)으로 고정한 후 정류안테나의 방향에 따른 출력 변환효율을 나타낸 것이다. 각 정류안테나가 입사전력을 받는 방향에 따라 변환효율도 계속해서 변화하였으나, 패치와 다이폴, 그리고 야기의 경우 70°~110° 이내의 방향에서 변환효율 값이 ±10%의 변화를 가짐을 알 수 있었다. 그러나 그 이외의 방향에서는 급격히 변환효율이 감소되어 0° 와 180° 일 때는 거의 0에 가까운 변환효율 특성을 나타내었다. 본 논문에서 설계 및 제작된 다이폴 형태의 이중편파 정류안테나는 0°~180° 범위에서 ±20% 이내의 변환효율 변동특성을 나타내었고, 패치 형태의 이중편파 정류안테나는 0°~180° 범위에서 ±5% 이내의 변환효율 변동특성을 나타내어 패치 형태의 정류안테나가 다이폴 형태의 정류안테나에 비해 방향 변화에 둔감한 특성을 가지고 있다는 것을 알 수 있고, 기존의 단일편파 안테나에 비해 방향변화에 따른 변환효율 특성이 모두 우수하게 나타났다.

본 논문의 실험 결과를 분석해 보면 다이폴 형태의 이중편파 정류안테나는 전체 무게와 투명성 등이 양호하지만 패치 형태의 이중편파 정류안테나에 비해 방향변화에 따른 변환효율 변화는 양호하지 못하다. 앞으로 이러한 문제점을 개선하기 위해 다이폴 형태의 이중편파 정류안테나는 방사형 구조로 설계·제작하여 방향변화에 따른 변환효율 특성을 개선해야 하고, 패치 형태의 이중편파 정류안테나는 박막 필름(Thin-Film) 형태로 설계·제작하여 무게 감소와 투명성을 확보해야 할 것이다.

V. 결 론

본 논문에서는 기존의 단일편파 정류안테나의 방향변화에 따른 변환효율 특성변화 문제를 해결하기 위하여 다이폴과 패치 형태의 이중편파 방식 정류안테나를 설계·제작하여 그 특성을 측정하였고, 제작된 정류안테나의 RF-DC 변환효율 특성을 기존의 단일편파 정류안테나와 비교·분석해 보았다.

본 논문에서 설계·제작된 다이폴 형태 이중편파 정류안테나의 부하에 따른 변환효율을 분석한 결과 부하 저항이 360Ω일 때 69.1%의 최대 변환효율을 나타내었고, 패치 형태 이중편파 정류안테나의 부하

에 따른 변환효율을 분석한 결과 부하 저항이 340 Ω일 때 75.4%의 최대 변환효율을 나타내었다. 이 결과는 기존의 단위 다이폴과 패치 안테나를 적용한 정류안테나와 거의 동일한 특성이며, 다만 최대 변환효율이 각각 0.6%, 0.2% 정도 낮아졌다. 이중편파 정류안테나의 방향에 따른 변환효율 측정결과 다이폴 형태는 송신 안테나로부터의 방향이 0° 와 90° 부근에서 69.1%, 45° 와 135° 부근에서 51.1%의 변환효율을 나타내어 변환효율 변동폭이 ±18%였고, 패치 형태는 송신 안테나로부터의 방향이 0° 와 90° 부근에서 75.4%, 45° 와 135° 부근에서 69.3%의 변환효율을 나타내어 변환효율 변동폭은 약 ±6%였다. 기존의 다이폴과 패치 형태의 단일편파 정류안테나가 70° ~110° 의 방향에서 최대 변환효율을 얻을 수 있었던 것에 반해 거의 180° 전(全) 방향에서 다이폴 형태는 18%, 패치 형태는 6%정도의 효율변화를 나타내어 무인비행체에 적용했을 때 무인비행체의 방향변화에 따라 변환효율의 변동이 적어지게 됨을 알 수 있었다.

앞으로 제작된 이중편파 정류안테나를 이용하여 무인비행체의 급전장치에 적용하기 위한 방향 변화에 따른 변환효율 개선방안과, 단위 정류안테나를 배열하여 수전 효율 및 수전 전력을 높이는 방안이 계속적으로 연구되어야 할 것이다. 또한 FSS(Frequency Selective Surface) 구조의 설계를 병행하여 안테나를 통해 재방사되는 고조파를 최소로 하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] William C. Brown, "The History of Power Transmission by Radio Waves", IEEE Trans. on MTT., Vol. MTT-32, No. 9, Sept. 1984.

[2] Intenational Telecommunication Union, Radio communication Study Groups "Wireless Power Transmission", Document 1/11-E, 18 November 1996.

[3] 윤동기, 박양하, 김관호, 이영철, "2.45㎓ 마이크로파-DC 변환 기초 무선전력전송 실험 에 관한 연구", 한국통신학회 논문지, '99-3, Vol 24, No. 3 pp. 434-441

[4] Ronald J. Gutmann and Jose M. Borrego, "Power Combining in Array of Microwave Power Rectifiers", IEEE Trans. on MTT, vol., MTT-27, NO. 12, December 1979

[5] *High Altitude Platform System*, ETRI 무선 방송 기술연구소 위성통신 시스템 연구부, 1998

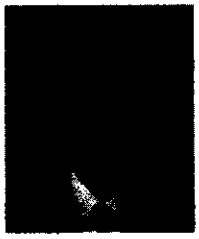
[6] James O. Mcspadden, Taewhan Yoo, and Kai Chang, "Theoretical and Experimental Investigation of a Rectenna element for Microwave Power Transmission", IEEE Teans. on MTT., Vol. 40, No. 12, December 1992

[7] Takeo ITO, Yoshiyuki FUJINO and Masaharu FUJITA, "Fundamental Experiment of Retenna Array for Microwave Power Reception", IEICE Trans. Comm., Vol. E76-B, No. 12, December 1993

[8] Robert G. Harrison and Xavier Le Polozec, "Nonsquarelaw Behavior of Diode Detectors Analyzed by the Ritz-Galerkin Method", IEEE Trans. on MTT, 1994

[9] Communication Components Designer's Catalog, Hewlett Packard, 1997

윤 동 기(Dong-Gi Youn) 정회원



1997년 : 경남대학교 전자공학과 (공학석사)
2000년 : 경남대학교 전자공학과 (공학박사)
1996년~현재 : 한국전기연구소 위촉연구원

<주관심 분야> RF & Microwave 회로 및 시스템 설계, 임펄스 통신.

한국통신학회 논문지 '99-3, Vol.24, No.2B 참조

박 양 하(Yang-Ha Park) 정회원

1986년 : 동아대학교 전자공학과(공학석사)
현재 : 한국전기연구소 선임연구원

<주관심 분야> 무선통신 시스템 설계, M/W 회로설계, 임펄스 통신.

한국통신학회 논문지 '99-3, Vol.24, No.2B 참조

김 관 호(Kwan-Ho Kim) 정회원

1978년 : 숭전대학교 전자공학과(공학사)
1980년 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)
1980년~1983년 : 한국전력공사
1983년~현재 : 한국전기연구소 책임연구원

한국통신학회 논문지 '99-3, Vol.24, No.2B 참조

이 영 철(Young-Chul Rhee) 정회원
현재 : 경남대학교 정보통신공학부 교수
한국통신학회 논문지 '99-3, Vol.24, No.2B 참조